Archive of SID

محیط‌شناسی، دورهٔ ٤١، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٤، صفحهٔ ٧٥٥-٧٤٥

باکلان بزرگ (*Phalacrocorax carbo*) پایش‌گر آلودگی فلزات سمی در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا

فرناز شیبانی‌فر[1]، میرمهرداد میرسنجری[2]*

۱. کارشناس ارشد محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر،
farnazsheybanifar@yahoo.com

۲. استادیار گروه محیط‌زیست و رئیس دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ملایر

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۹/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹٤/۷/۱۱

چکیده

فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیستی به شمار می‌روند که از طریق مناطق ساحلی و رودخانه‌ها وارد دریا می‌شوند و از طریق زنجیرهٔ غذایی در بدن آبزیان تجمع می‌یابند. پرندگان در مقایسه با سایر مهره‌داران نسبت به آلودگی‌های محیط‌زیست حساسیت بیشتری دارند. هدف از این مطالعه، اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، نیکل و سرب) در بافت عضله، کلیه و کبد باکلان بزرگ و بررسی تأثیر دو فاکتور سن و جنس در روند تجمع این فلزات در بافت‌های مختلف است. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین غلظت در هر سه اندام متعلق به فلز سرب و کمترین غلظت، متعلق به فلز نیکل است. همچنین، بیشترین تجمع فلزات سنگین در بافت کلیه و کمترین تجمع فلزات در بافت عضله است. نتایج بررسی دو فاکتور سن و جنس در روند تجمع فلزات سمی در اندام‌های باکلان نشان داد که فاکتور سن در روند تجمع فلزات کادمیوم و نیکل و فاکتور جنس در روند تجمع فلزات نیکل و سرب در اندام‌های باکلان بزرگ تأثیرگذار است. به نظر می‌رسد آلودگی فلزات سرب، کادمیوم و نیکل در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا برای باکلان بزرگ در حدی نیست که سبب تغییرات رفتاری یا کاهش تولیدمثل شود.

کلیدواژه

باکلان بزرگ، ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا، فلزات سمی.

۱. سرآغاز

امروزه آلودگی محیط‌زیست و خطرهای ناشی از افزایش بار آلودگی که در اثر پیشرفت فناوری و صنعت به وجود آمده، جوامع انسانی را تحت تأثیر قرار داده و بر نگرانی آن‌ها افزوده است. در این میان آلودگی دریاها به فلزات سنگین به علت آثار سمی در محیط‌زیست از اهمیت خاصی برخوردار است. در غرب بندرعباس و در محدودهٔ بین اسکلهٔ شهید باهنر تا کشتی‌سازی خلیج‌فارس، صنایع متعددی قرار دارند که بعضی از این صنایع پساب‌های صنعتی خود را وارد ساحل منطقه می‌کنند. ورود نفت‌کش‌ها به این منطقه، تخلیه و بارگیری آن‌ها و صنایع کشتی‌سازی و پالایش نفت و صنایع دیگر همگی نقش مهمی در آلوده‌کردن محیط‌زیست غرب بندرعباس دارند (Mirsanjari, et al., 2014). از سوی دیگر، رشد و توسعهٔ فزایندهٔ صنایع و به‌خصوص ترانزیت کالا در جزیرهٔ قشم به‌منزلهٔ بزرگ‌ترین جزیرهٔ حوزهٔ خلیج‌فارس و اهمیت راهبردی آن، زمینهٔ آلودگی آب و رسوبات منطقه و در نتیجه تخریب بوم‌سازگان‌های حیاتی منطقه را فراهم آورده است و از آنجا که این مناطق مهم صنعتی و ترانزیتی در مجاورت منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ حرا توسعه یافته‌اند، آثار و

* نویسنده مسئول: Email: mehrdadmirsanjari@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

تبعات تخریبی آن‌ها در این میراث باارزش طبیعی به وضوح مشهود است که این خود تحقیقات گسترده و پایش‌های دقیق محیط‌زیستی را در این مناطق می‌طلبد (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۰)

به طور کلی آلودگی خلیج‌فارس عمدتاً ناشی از فعالیت‌های نادرست در استخراج، فرآوری و حمل‌ونقل مواد نفتی و فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی در درون حوضهٔ آبریز اطراف آن است (Hosseinkhezri and Tashkhourian, 2011).

فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیستی به شمار می‌روند که از طریق مناطق ساحلی و رودخانه‌ها وارد دریا می‌شوند و از طریق زنجیرهٔ غذایی در بدن آبزیان تجمع می‌یابند (عبادتی و همکاران، ۱۳۸۴). بسیاری از این عناصر برای موجودات ضرورتی ندارند و سمی نیز هستند. از اساسی‌ترین مسائل در خصوص فلزات سنگین تجزیه‌ناپذیری آن‌ها در بدن است. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن دیگر از بدن دفع نمی‌شوند، بلکه در بافت‌هایی مثل چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب می‌کنند و انباشته می‌شوند که همین امر موجب بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود (Harikumar, et al., 2009).

فلزات سنگین در محیط‌زیست تأثیرات جدی در پایداری بوم‌سازگان‌ها به وجود می‌آورند. در ارزشیابی تغییرات بوم‌سازگان استفاده از گونه‌های پایش‌گر می‌تواند داده‌های قابل اعتمادی را برای ارزیابی کیفیت محیط‌زیست فراهم کند.

پرندگان در مقایسه با سایر مهره‌داران نسبت به آلودگی‌های محیط‌زیست حساسیت بیشتری دارند (Furness, 1993). پرندگان ممکن است از طریق تماس مستقیم یا استفاده از آب و غذای آلوده در معرض مواد شیمیایی گوناگون نظیر فلزات سنگین قرار گیرند (Savinov, et al., 2003) و نیز به دلیل ارتباط غیرمستقیم با منابع آلوده‌کننده، می‌توانند تعیین‌کنندهٔ سطح غلظت عناصر سمی در زنجیرهٔ غذایی بوم‌سازگان‌های آبی باشند. بنابراین، آلودگی پرندگان به فلزات سنگین می‌تواند پیش‌بینی‌کنندهٔ آلودگی طی زنجیرهٔ غذایی باشد (Burger, 1993).

اصولاً فلزات سنگین بیشتر در بافت‌هایی وجود دارند که از فعالیت متابولیکی زیادی برخوردارند. کلیه، کبد و ماهیچه از مهم‌ترین این اندام‌ها هستند و به همین دلیل اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در آن‌ها توصیه می‌شود (جلالی و آقازاده مشکی، ۱۳۸۵).

به طور کلی می‌توان ویژگی‌های پایش‌گر زیستی مناسب را موارد زیر عنوان کرد: غیرمهاجر و ساکن‌بودن گونه، فراوانی مناسب، شناسایی آسان، داشتن عمر طولانی و در دسترس‌بودن طی سال برای نمونه‌برداری، گوشتخواربودن گونه و بردباری در برابر نوسان‌ها و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (Lafabrie, et al., 2013). با توجه به مجموع شرایط بالا، باکلان بزرگ با نام علمی *Phalacrocorax carbo* به‌منزلهٔ گونهٔ مناسب به منظور اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین انتخاب شد. باکلان بزرگ از گونه‌های وابسته به بوم‌سازگان آبی است که با توجه به جمعیت وافر، پراکنش وسیع، موقعیت ویژهٔ ماهی‌خواری، همواره مورد توجه محققان بوده است. همچنین، این گونه در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا زادآوری می‌کند و به‌منزلهٔ گونهٔ مقیم محسوب می‌شود. علاوه بر آن، موقعیت صیادی باکلان‌ها در بالای چرخهٔ بوم‌سازگان‌های آبی، آن‌ها را به تغییرات محیطی حساس کرده است. لذا این گونه می‌تواند به‌منزلهٔ وسیله‌ای برای بررسی تغییرات در کیفیت بوم‌سازگان‌های آبی استفاده شود (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶).

استفاده از پرندگان به‌منزلهٔ پایش‌گرهای زیستی از سال ۱۹۷۱ آغاز شد به طوری که در آن سال از گونه‌ای از کاکایی در بوم‌سازگان دریاچهٔ گریت[1] به‌منزلهٔ گونهٔ مناسب برای پایش جیوه استفاده شد (Koster and Ryckman, 1996) و تاکنون نیز در جهان مطالعات مختلفی در این

www.SID.ir

Archive of SID

زمینه صورت گرفته است. در ایران بیشتر مطالعات روی پرندگان به اندازه‌گیری فلز جیوه در بافت‌های مختلف پرندگان پرداخته و مطالعات کمی روی اندازه‌گیری سایر فلزات سمی از جمله نیکل، سرب و کادمیوم صورت گرفته است، لذا مطالعهٔ حاضر با هدف اندازه‌گیری غلظت فلزات سمی نیکل، سرب و کادمیوم در بافت کبد، کلیه و عضلهٔ باکلان بزرگ و بررسی تأثیر دو فاکتور سن و جنس در روند تجمع زیستی این فلزات در بافت‌های مختلف صورت گرفته است.

با توجه به اینکه دریا یکی از منابع مهم با امتیازهای ویژه برای تأمین قسمتی از نیازهای بشر طی تاریخ بوده و هست؛ بنابراین حفظ محیط‌زیست آن و جانورانی که در آن زندگی می‌کنند در تداوم زندگی انسان‌ها نقش بسزایی دارد. از سوی دیگر، استفادهٔ اقتصادی از پرندگان آبزی قابل شکار همواره از مسائل مورد بحث در جوامع بومی حاشیهٔ بوم‌سازگان‌های تالابی و رودخانه‌ای بوده است و جوامع بومی و محلی همیشه سعی در بهره‌برداری از حیات‌وحش داشته‌اند، بنابراین دگرگونی‌هایی که انسان در محیط‌زیست ایجاد می‌کند در پرندگان به‌منزلهٔ یکی از عناصر اصلی طبیعت اثرگذار است. با توجه به اینکه پرندگان این تغییرات را به خوبی نشان می‌دهند، نتایج این پژوهش می‌تواند در اتخاذ اقدامات مدیریتی در جهت کاهش آلودگی این بوم‌سازگان حساس و باارزش مفید باشد.

۲. مواد و روش بررسی

منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ حرا وسیع‌ترین رویشگاه جنگل‌های حرا در ایران و خلیج‌فارس است و ۸۶ درصد جنگل‌های حرای ایران را دربر گرفته و با وسعت ۸۶۵۸۱ هکتار در موقعیت جغرافیایی ۲۶ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۵۹ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۴۸ دقیقهٔ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ حرا در تنگهٔ خوران، بین جزیرهٔ قشم، سواحل حوزهٔ بندر خمیر و در مصب و دلتای رودخانهٔ مهران قرار گرفته است (Neinavaz, et al., 2010).

شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

این منطقه یکی از ۱۰ ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ منتخب یونسکو در ایران و تنها ذخیره‌گاه ساحلی در آب‌های شمالی خلیج‌فارس است که از مهم‌ترین مناطق زادآوری و زمستان‌گذرانی پرندگان در جنوب کشور نیز محسوب می‌شود و به لحاظ تنوع زیستی منحصر به فرد بسیار مورد توجه است. دسترسی به این ذخیره‌گاه از بندرعباس، مرکز استان هرمزگان امکان‌پذیر است. ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا دارای آب و هوای گرم و مرطوب است و در طبقه‌بندی آمبرژه در طبقهٔ بیابانی گرم شدید قرار دارد (Neinavaz, et al., 2010).

در این مطالعه پس از بررسی‌های مقدماتی در خصوص ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا و گرفتن مجوز شکار از سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۲ قطعه باکلان به روش تصادفی طی ماه‌های آبان و آذر سال ۱۳۹۱ صید شدند. نمونه‌ها بعد از جمع‌آوری به آزمایشگاه منتقل و کالبدشکافی شدند و تعیین جنسیت و سن در آن‌ها صورت گرفت. تعیین جنسیت پرندگان از طریق اندام‌های تولیدمثلی صورت می‌گیرد. اندام‌های تولیدمثلی در نر یک جفت بیضه و مجرای دفران و در پرندهٔ ماده تخمدان و لولهٔ تخم‌بر است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶). شناسایی پرندهٔ بالغ و نابالغ با توجه به رنگ پر صورت می‌گیرد، به طوری که پرهای پرندهٔ بالغ در قسمت رو و زیر تنه کاملاً سیاه با جلای سبز براق، اما پرندگان جوان عمدتاً قهوه‌ای، اما زیر تنه کمرنگ‌تر است (منصوری، ۱۳۸۷). پس از جداسازی بافت کلیه، کبد و عضله نمونه‌ها از طریق آون (در دمای ۶۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت) خشک شدند. سپس، نمونه‌ها در مرحلهٔ بعد به‌وسیلهٔ هاون چینی خرد شدند و به میزان یک گرم از هر نمونه از طریق ترازو وزن شد. در مرحلهٔ هضم به هر کدام از نمونه‌ها (یک گرم از نمونهٔ وزن‌شده) به نسبت ۴:۱ اسید نیتریک ۶۵ درصد و اسید پرکلریدریک ۶۰ درصد اضافه شد (۸ میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۲ میلی‌لیتر اسید پرکلریک) و در دستگاه هضم‌کننده ابتدا در دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت و در دمای ۶۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت هضم شدند. در مرحلهٔ بعد نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون صاف شدند و حجم محلول صاف‌شده از طریق آب مقطر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد (Yap, et al., 2004). برای اطمینان از دقت عملیات هضم و بی‌تأثیربودن مواد مصرفی در غلظت فلزات سنگین، در هر نوبت از عملیات هضم، یک نمونه شاهد نیز در نظر گرفته شد. در این مطالعه سنجش غلظت فلزات سنگین از طریق دستگاه جذب اتمی مدل contrAA 700 صورت گرفت. حد تشخیص دستگاه[۲] برای فلزات سرب، کادمیوم و نیکل در کورهٔ گرافیتی به ترتیب ۱/۰۰۸، ۱/۱۲۶، ۱/۰۳۲ نانوگرم بر گرم بود.

محاسبهٔ غلظت نهایی فلز با استفاده از رابطهٔ ۱ بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک محاسبه شد.

$$M = CV / W \qquad (1)$$

C: غلظت به‌دست‌آمده از دستگاه؛

V: حجم نهایی نمونه (در این بررسی ۲۵ میلی‌لیتر بوده است)؛

W: مقدار مادهٔ خشک مصرف‌شده برای هضم بر حسب گرم (در این بررسی یک گرم بوده است)؛

M: غلظت نهایی نمونه بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم به ازای یک گرم وزن خشک محاسبه شد.

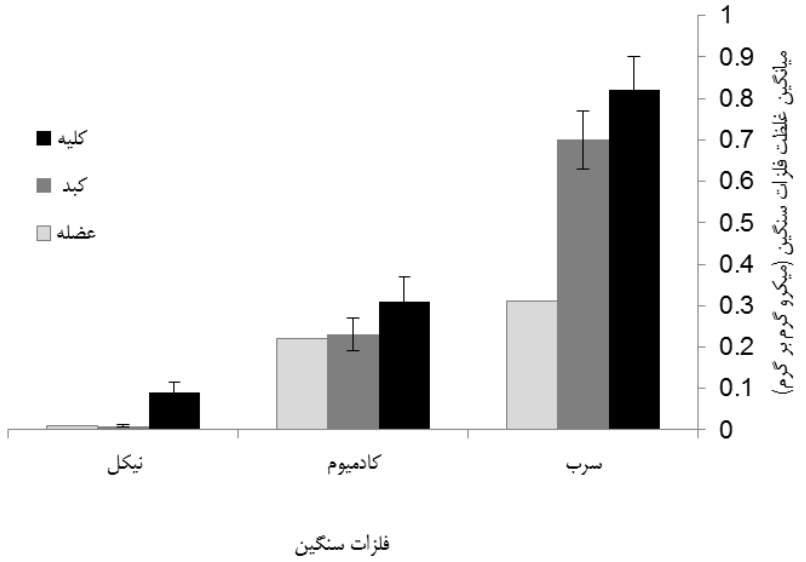
در این مطالعه برای تحلیل آماری، از نرم‌افزار اس پی اس اس[۳] نسخهٔ ۱۹ و به منظور رسم نمودار از نرم‌افزار اکسل ۲۰۰۷ استفاده شد. ابتدا با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک[۴] میزان تبعیت داده‌ها از توزیع نرمال بررسی شد، سپس از آزمون تی[۵] برای مقایسهٔ غلظت فلزات سنگین در جنس نر و ماده و باکلان بالغ و نابالغ استفاده شد. همچنین، از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه[۶] به منظور بررسی اختلاف غلظت عناصر در هر دو اندام استفاده شد.

۳. نتایج

میانگین غلظت عناصر نیکل، کادمیوم و سرب در بافت عضله، کلیه و کبد باکلان بزرگ بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک در جدول ۱ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱. مقایسهٔ میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل در بافت کلیه، کبد و عضلهٔ باکلان بزرگ

جدول ۱. میانگین ±انحراف معیار عناصر نیکل، سرب و کادمیوم در بافت کلیه، کبد و عضلهٔ باکلان بزرگ (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

	نمونه	تعداد	نیکل	سرب	کادمیوم
کلیه	نر	۴	۰/۲۱±۰/۰۵	۲/۱۲±۰/۸۶	۰/۱۵±۰/۰۹
	ماده	۸	۰/۱۸±۰/۰۳	۳/۰۴±۰/۴۷	۰/۱۵±۰/۱۳
	نتایج آزمون تی		۰/۰۴*	۰/۰۰۵*	۰/۰۱
	بالغ	۷	۰/۲۲±۰/۱۴	۱/۷± ۰/۸۵	۰/۲۲±۰/۱۴
	نابالغ	۵	۰/۱۳±۰/۱	۲/۹۱±۰/۴۸	۰/۰۶±۰/۰۴
	نتایج آزمون تی		۰/۰۰۱*	۰/۴۸	۰/۰۲*
	کل	۱۲	۰/۱۹±۰/۰۹	۲/۴۲±۰/۸۲	۰/۱۵±۰/۳۱
کبد	نر	۴	۰/۱۷±۰/۰۸	۱/۲۵±۱/۰۲	۰/۹۱±۰/۰۶
	ماده	۸	۰/۱۲±۰/۰۲	۱/۴۴±۰/۶۷	۰/۶±۰/۲۲
	نتایج آزمون تی		۰/۰۴*	۰/۰۲*	۰/۳۳
	بالغ	۷	۰/۱۴±۰/۰۲	۱/۵±۰/۹۲	۰/۵۴±۰/۲۶
	نابالغ	۵	۰/۱±۰/۰۱	۱/۰۷± ۰/۳۶	۰/۸۲±۰/۱
	نتایج آزمون تی		۰/۰۴*	۰/۲۲	۰/۰۳*
	کل	۱۲	۰/۱۴±۰/۰۲	۱/۳۷±۰/۷	۰/۷±۰/۲۳
عضله	نر	۴	۰/۰۹±۰/۰۴	۰/۶۹±۰/۲۸	۰/۱۵±۰/۱۹
	ماده	۸	۰/۰۵±۰/۰۲	۱/۰۸±۰/۱۸	۰/۴۶±۰/۳۹
	نتایج آزمون تی		۰/۰۱*	۰/۰۰۳*	۰/۴۵
	بالغ	۷	۰/۰۶±۰/۰۲	۰/۹۱±۰/۳۳	۰/۴۱±۰/۳۳
	نابالغ	۵	۰/۰۴±۰/۰۱	۰/۷۱± ۰/۲۷	۰/۰۴±۰/۱۲
	نتایج آزمون تی		۰/۰۰۵*	۰/۵۱	۰/۰۴*
	کل	۱۲	۰/۰۷±۰/۰۱	۰/۸۲±۰/۳۱	۰/۲۵±۰/۲۲

*P<۰/۰۵ سطح اطمینان ۹۵ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه به منظور مقایسهٔ میانگین فلزات سرب، کادمیوم و نیکل در سه بافت نشان داد که میانگین غلظت عناصر در هر سه بافت کلیه، کبد و عضله به طور معنی‌داری متفاوت از یکدیگرند ($p<۰/۰۵$) (جدول ۲) به طوری که بیشترین میانگین غلظت در هر سه اندام متعلق به فلز سرب و کمترین غلظت، متعلق به فلز نیکل است. همچنین، بیشترین تجمع فلزات سنگین در بافت کلیه و کمترین میزان تجمع فلزات در بافت عضله است (نمودار ۱).

در این مطالعه نتایج آزمون تی نشان می‌دهد که میانگین غلظت فلزات نیکل و کادمیوم در هر سه اندام پرندهٔ بالغ به طور معنی‌داری بالاتر از نابالغان است ($p<۰/۰۵$)، اما در خصوص فلز سرب این اختلاف معنی‌دار نیست ($p>۰/۰۵$) (جدول ۱).

همچنین، نتایج آزمون تی نشان می‌دهد که میانگین غلظت فلزات نیکل و سرب در جنس نر در هر سه اندام به طور معنی‌داری بالاتر از جنس ماده است ($p<۰/۰۵$)، اما در خصوص فلز کادمیوم میانگین غلظت در هر سه اندام در جنس ماده بیشتر از جنس نر است، اما این اختلاف معنی‌دار نیست ($p>۰/۰۵$) (جدول ۱).

جدول ۲. نتایج آزمون آنالیز واریانس به منظور بررسی اختلاف غلظت عناصر در هر دو اندام

مقدار p	بافت	فلز
۰/۰۰۰*	کبد- کلیه	نیکل
۰/۰۲*	عضله- کلیه	
۰/۰۰۴*	عضله- کبد	
۰/۰۱*	کبد- کلیه	سرب
۰/۰۰۰*	عضله- کلیه	
۰/۰۰۳*	عضله- کبد	
۰/۰۰۸*	کبد- کلیه	کادمیوم
۰/۰۰۵*	عضله- کلیه	
۰/۰۱*	عضله- کبد	

*$P<۰/۰۵$ سطح اطمینان ۹۵ درصد

۴. بحث و نتیجه‌گیری

میانگین غلظت سرب در بافت کلیه، کبد و عضلهٔ باکلان بزرگ به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۷ و ۰/۳۱ میکروگرم برگرم به دست آمد که در مقایسه با میانگین غلظت سرب در مطالعات لوسیا و آندره روی غاز خاکستری در فرانسه (در بافت کلیه، کبد و عضله به ترتیب ۱۵۲/۳ µg/g، ۱۵۱/۴ و ۴/۳ µg/g) بسیار کمتر است (Lucia and Andre, 2010).

پرندگان به دو طریق ممکن است به سرب آلوده شوند؛ مسمومیت در اثر خوردن گلوله‌های سربی که به مقدار زیاد در پرندگان یافت می‌شود و گلوله‌های سربی را اشتباهاً به جای سنگ‌ریزه یا دانه قورت می‌دهند. روش دوم مسمومیت بیشتر در اثر تغذیهٔ پرندگان شکاری و پرندگان لاشه‌خوار از گوشت حیوانات مجروح‌شده در اثر تیراندازی یا مسمومیت اولیهٔ سرب رخ می‌دهد (Battaglia, et al., 2005). پرندگان در معرض منابع مختلفی از آلودگی سرب

www.SID.ir

Archive of SID

شامل سرب موجود در بنزین، دودهای منتشرشده از صنایع و فاضلاب آلوده به سرب قرار می‌گیرند، اما موضوع قورت‌دادن سرب در پرندگان معمول‌تر است و عامل اصلی مسمومیت سرب در پرندگان به خصوص پرندگان آبزی و گونه‌های فراوان در تالاب‌ها شناخته شده است (Ancora, et al., 2008).

محققان بیان کردند که تأثیرات نامطلوب سرب در پرندگان در غلظت ۴ میکروگرم بر گرم اتفاق می‌افتد. پرندگان دریازی قادرند غلظت‌هایی بالاتر از این مقدار را تحمل کنند، اما اگر غلظت سرب بیش از این مقدار شود مشکلاتی همچون کاهش قدرت ادراک پرنده، کاهش بقای جوجه‌ها، تشخیص‌ندادن گونه‌های هم‌نژاد و مشکلات رفتاری و تغذیه‌ای را به دنبال خواهد داشت (Burger and Gochfeld, 2000). در مطالعهٔ حاضر غلظت سرب در هر سه اندام باکلان بزرگ در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ حرا بسیار کمتر از آستانهٔ اثرگذار در پرنده است.

میانگین غلظت کادمیوم در بافت کلیه و کبد باکلان بزرگ در مطالعهٔ حاضر به ترتیب ۰/۳۱ و ۰/۲۳ میکروگرم بر گرم به دست آمد که در مقایسه با میانگین غلظت کادمیوم در بافت کلیه و کبد باکلان بزرگ در تالاب انزلی (به ترتیب ۰/۷ µg/g و ۰/۳ µg/g) کمتر است، اما میانگین غلظت کادمیوم در بافت عضله ۰/۲۲ میکروگرم بر گرم به دست آمد که در مقایسه با میانگین غلظت کادمیوم در بافت عضلهٔ باکلان بزرگ در تالاب انزلی (۰/۰۴ µg/g) بسیار بیشتر است (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶). در بسیاری از مطالعات بالاترین غلظت‌های کادمیوم در پرندگان در بافت کلیه و کمتر در کبد و خیلی پایین‌تر در عضله گزارش شده است (Thompson, 1990). کریمی و همکاران (۱۳۸۶) نیز در مطالعات خود روی باکلان بزرگ در تالاب انزلی میزان بالایی از کادمیوم را در بافت کلیه در مقایسه با بافت کبد و عضله نشان دادند. اسچیوهامر (۱۹۸۷)، کیم و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که اگر نسبت غلظت کادمیوم در کبد به کلیه ۱< باشد گونه در تماس حاد کادمیوم در رژیم غذایی است و در غلظت ۱< پرنده در معرض سمیت مزمن و در سطح پایین تماس با مقدار فلز قرار گرفته است. محاسبهٔ این نسبت برای پرندهٔ باکلان بزرگ در مطالعهٔ حاضر نشان می‌دهد که مقدار سمیت مزمن عنصر تقریباً برابر ۰/۷ است. بنابراین، گونهٔ باکلان بزرگ در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا در معرض سمیت شدید کادمیوم در رژیم غذایی خود قرار نداشته است.

کیم و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که ارگان هدف در سمیت مزمن کادمیوم بافت کلیه است، اما در معرض قرارگیری مداوم حتی در مقدار پایین‌تر از حد زیرکشندگی، سبب افزایش متوالی این عنصر در قشر کلیه و به دنبال آن سبب افزایش متالوتیونین‌های کلیه می‌شود (Elliot, et al., 1997). آثار نامطلوب کادمیوم در پرندگان شامل؛ آسیب به کلیه‌ها، تغییرات رفتاری، جلوگیری از تولید تخم، نازک‌شدن پوستهٔ تخم و آسیب به بیضه‌ها (Furness, 1993) و در سطح جمعیت نیز سبب کاهش نرخ رشد استخوان‌ها و موفقیت زادآوری می‌شود (Spahn and Sherry, 1999).

موچیزوکی و همکاران (۲۰۰۸) در مقالهٔ مروری خود، ۲۷ مورد از مطالعات قبلی را که در خصوص غلظت کادمیوم در بافت‌های مختلف پرندگان صورت گرفته بود، بررسی کردند و نتایج نشان داد که در تمام مطالعات غلظت کادمیوم در بافت کلیه بیشتر از بافت کبد و عضله بوده است. فرنس و آندرسون (۱۹۹۴) نیز در مطالعهٔ خود روی غلظت کادمیوم در بافت‌های ابیای پشت قرمز نشان دادند که بالاترین غلظت کادمیوم به ترتیب در کلیه، کبد و عضله است که در مطالعهٔ حاضر نیز غلظت فلز کادمیوم در کلیه بیشتر از کبد و عضله است، همچنین غلظت سرب و نیکل در کلیه بیشتر از کبد و عضله است. یکی از دلایل پایین‌تربودن میزان فلزات سنگین در بافت عضله در مقایسه با سایر بافت‌ها، ترقیق غلظت فلزات سنگین در عضله‌های در حال رشد است. از دلایل دیگر می‌توان به کمتربودن فعالیت متابولیکی در بافت عضله اشاره کرد (Lewis and

www.SID.ir

Archive of SID

Furness, 1991). همچنین، به دلیل اینکه کبد عضو اصلی در سوخت و ساز بدن و کلیه عضو اصلی در دفع مواد مضر است و تقریباً تمام فلزات سمی از این طریق دفع می‌شوند و به آن نفروتوکسین هم گفته می‌شود –صدمات اصلی را در برابر مسمومیت با فلزات سنگین تحمل می‌کند– غلظت‌های بالاتری از فلزات در این دو اندام نسبت به بافت عضله تجمع می‌یابند (جلالی و آقازاده مشکی، ۱۳۸۵).

به نظر می‌رسد مهم‌ترین عامل درون‌منطقه‌ای غلظت بالای سرب و کادمیوم، تردد کشتی‌های حامل سوخت در منطقه و ورود ترکیبات نفتی مختلف به ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا باشد. از سوی دیگر، کاربری‌های تفریحی و حمل و نقل و تردد قایق‌ها نیز به علت استفاده از ترکیبات نفتی به‌منزلهٔ سوخت مورد نیاز خود حجم عظیمی از فلزات سمی از جمله سرب، کادمیوم، نیکل، وانادیوم و ... را به منطقهٔ مطالعاتی وارد می‌کنند.

میانگین غلظت نیکل در بافت کلیه، کبد و عضلهٔ باکلان بزرگ به ترتیب ۰/۰۹، ۰/۰۲ و ۰/۰۱ میکروگرم بر گرم به دست آمد که در مقایسه با میانگین غلظت نیکل در مطالعات لوسیا روی غاز خاکستری در فرانسه (در بافت کلیه، کبد و عضله به ترتیب ۰/۸ µg/g، ۰/۷ µg/g و ۱/۸ µg/g) بسیار کمتر است (Lucia and Andre, 2010).

نیکل فلزی سنگین با آلودگی مشخص رسوبات، در نواحی صنعتی است. عامل اصلی ورود نیکل به دریاها از طریق رودخانه‌هاست. مهم‌ترین منشأ انسانی نیکل در بوم‌سازگان‌های آبی سوختن سوخت‌های فسیلی و فعالیت‌های تصفیه، گداختن و آبکاری فلزات است (Hutton, 1981). از جمله مهم‌ترین صنایع پیرامون منطقهٔ مطالعاتی که سبب ورود نیکل به ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا می‌شوند می‌توان به صنایع پتروشیمی، کارخانهٔ تولید روی، تخلیهٔ آب توازن کشتی‌ها در اسکله، نشت سوخت‌های فسیلی از نفت‌کش‌ها، کارخانهٔ آلومینیوم المهدی اشاره کرد (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۰). انتظار می‌رود به دلیل آلودگی نفتی شدید در خلیج‌فارس میانگین غلظت نیکل به‌منزلهٔ شاخص آلودگی نفتی در بافت‌های باکلان بزرگ بیشتر از فلزات سرب و کادمیوم باشد، اما نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت نیکل پایین‌تر از دو فلز دیگر است که با مطالعات فریرا روی حواصیل برفی در برزیل هم‌خوانی دارد (Ferreira, 2011). سمیت نیکل به طور وسیعی متغیر است و به شدت تحت تأثیر شوری و حضور سایر یون‌ها قرار می‌گیرد و قسمت اعظم آن با افزایش شوری آب به صورت لخته‌ای رسوب می‌کند و میزان دستیابی زیستی آن کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، به دلیل پایین‌تربودن نیمهٔ عمر نیکل نسبت به سرب و کادمیوم در بافت‌های نرم بدن (حدوداً ۱۱ ساعت) هیچ مدرکی دال بر تجمع حیاتی یا بزرگنمایی زیستی نیکل در زنجیرهٔ غذایی دریایی وجود ندارد (Clark and Scheuhammer, 2003;Harikumar, et al., 2009). نوروزی و پورخباز (۱۳۹۰) نیز در مطالعات خود روی رسوبات منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ حرا نشان دادند که به دلیل نیمه‌بسته بودن آب‌های خلیج‌فارس و نبود تبادل مناسب آب با دریاهای آزاد و شرایط جغرافیایی و محیطی آن از جمله تبخیر و شوری زیاد، قسمت عمدهٔ نیکل در ترکیب با مواد آلی موجود در رسوبات به دام افتاده و دستیابی زیستی آن برای موجودات دریازی بسیار کمتر از فلزات سرب و کادمیوم است. به طوری که بیشترین غلظت فلزات در رسوبات این منطقه به ترتیب متعلق به نیکل، سرب و کادمیوم است.

نتایج بررسی تأثیر فاکتور سن در روند تجمع فلزات سرب، کادمیوم و نیکل در اندام‌های باکلان بزرگ نشان می‌دهد که میانگین غلظت فلزات نیکل و کادمیوم در هر سه اندام پرندهٔ بالغ به طور معنی‌داری بیشتر از نابالغان است، اما در خصوص فلز سرب این اختلاف معنی‌دار نیست، هرچند غلظت این فلز در پرندهٔ بالغ بیشتر از نابالغ است. استراگر و همکاران (۱۹۸۳) نشان دادند که غلظت فلز کادمیوم در بافت‌های بدن کاکایی نقره‌ای بالغ بیشتر از کاکایی نابالغ است و بالاترین غلظت کادمیوم در بافت کلیه وجود دارد که با مطالعهٔ حاضر هم‌خوانی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

باربیری و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که میانگین غلظت کادمیوم و نیکل در کلیهٔ پرندگان بالغ به طور معنی‌داری بیشتر از پرندگان جوان است. کریمی و همکاران (۱۳۸۶) نیز نشان دادند که غلظت کادمیوم موجود در کبد باکلان بالغ به طور معنی‌داری بیشتر از نابالغان است که با مطالعهٔ حاضر هم‌خوانی دارد. در حقیقت تجمع‌زیستی کادمیوم و سایر فلزات در بعضی بی‌مهرگان، ماهی‌ها و پرندگان با افزایش سن به دلیل تشکیل پیوند با متالوتیونین در بافت بدن به‌ویژه کلیه و کبد است (Janssens, et al., 2003). هوشیاری و همکاران (۱۳۹۰) نیز در خصوص فلز سرب در مطالعات خود روی کاکایی سیبری در بافت‌های کلیه، کبد و عضله بین پرندهٔ بالغ و نابالغ اختلاف معنی‌داری نیافتند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که فاکتور سن در روند تجمع فلزات کادمیوم در اندام‌های باکلان بزرگ تأثیرگذار بوده است و با افزایش سن غلظت این عنصر در بدن پرنده افزایش می‌یابد، اما در خصوص فلز نیکل این اختلاف معنی‌دار است، اما با توجه به کوتاه‌بودن نیمهٔ عمر نیکل در بدن، به نظر نمی‌رسد غلظت این فلز تحت تأثیر فاکتور سن افزایش یابد و شاید دلیل بالابودن غلظت این فلز در اندام‌های پرندهٔ بالغ ناشی از تماس کوتاه‌مدت با مواد نفتی باشد که در زمان پرآرایی از طریق منقار وارد بدن شده باشد.

تعداد کمی از مطالعات تأثیر جنسیت را در تجمع فلزات سنگین در پر و بافت‌های داخلی پرندگان بررسی قرار کرده‌اند (Zamani, et al., 2010). نتایج بررسی تأثیر فاکتور جنس در روند تجمع فلزات سرب، کادمیوم و نیکل در اندام‌های باکلان بزرگ نشان می‌دهد که میانگین غلظت فلزات نیکل و سرب در جنس نر در هر سه اندام به طور معنی‌داری بالاتر از جنس ماده است که با مطالعات لوسیا و آندره روی غاز خاکستری در فرانسه هم‌خوانی دارد، زیرا جنس مادهٔ پرندگان می‌تواند فلزات سنگین را از طریق فرایند تخم‌گذاری از بدن دفع کند، این تنها راه دفع فلزات سنگین از بدن است که جنس نر قادر به این کار نخواهد بود (Burger, 1993). اما در خصوص فلز کادمیوم میانگین غلظت در هر سه اندام در جنس ماده بیشتر از جنس نر است و ثابت شده است که کمبود کلسیم و افزایش سن در تجمع زیستی فلز کادمیوم در بافت‌های نرم بدن تأثیرگذارند (اسماعیلی ساری، ۱۳۸۱)، به نظر می‌رسد علت بالاتربودن غلظت کادمیوم در جنس مادهٔ باکلان بزرگ به دلیل بالغ‌بودن نمونه‌های مادهٔ صیدشده است، هرچند این اختلاف معنی‌دار نیست. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که جنسیت در روند تجمع فلزات نیکل و سرب در باکلان بزرگ تأثیرگذار است، اما نباید تأثیر سایر عوامل از جمله؛ رژیم غذایی، آلودگی محیط‌زیست در محل تولیدمثل پرنده، وضعیت مهاجرت پرنده و پرریزی را نادیده گرفت (Kim and Koo, 2008).

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری کرد که آلودگی فلزات سرب، کادمیوم و نیکل در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا برای باکلان بزرگ در حد سمی نیست و به تغییرات رفتاری و کاهش تولیدمثل پرنده منجر نخواهند شد. همچنین، دو فاکتور سن و جنس در روند تجمع فلزات در این پرنده تأثیرگذار است، هرچند نمی‌توان تأثیر سایر عوامل محیطی را نادیده گرفت. از آنجا که زیستگاه مطالعهٔ حاضر اهمیت بیولوژیکی دارد، بنابراین پرندهٔ باکلان بزرگ به دلیل داشتن ویژگی‌های پایش‌گر مناسب برای پایش بسیار مفید است و می‌تواند به‌منزلهٔ پایش‌گر سطح آلودگی در منطقه انتخاب شود.

یادداشت‌ها

1. Great
2. Limit Of Detection
3. SPSS
4. Shapiro-Wilk
5. T- test
6. One- Way ANOVA

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۱. *آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط‌زیست*، انتشارات نقش مهر.

جلالی، ب.، آقازاده مشکی، م. ۱۳۸۵. *مسمومیت ماهیان در اثر فلزات سنگین آب و اهمیت آن در بهداشت عمومی*، انتشارات مان کتاب.

عبادتی، ف.، اسماعیلی ساری، ع.، ریاحی بختیاری، ع. ۱۳۸۴. «میزان و نحوهٔ تغییرات فلزات سنگین در اندام‌های گیاهان آبزی و رسوبات تالاب میانکاله»، مجلهٔ *محیط‌شناسی*، شمارهٔ ۳۷.

کریمی، آ.، اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۸۶. «بررسی تجمع فلزات سنگین کادمیوم،کروم، مس، روی و آهن در برخی اندام‌های باکلان بزرگ در تالاب انزلی»، مجلهٔ *محیط‌شناسی*، شمارهٔ ۴۳، صص ۸۳-۹۲.

منصوری، ج. ۱۳۸۷. *راهنمای صحرایی پرندگان ایران*، انتشارات نشر ذهن آویز، صص ۴۵-۴۶.

نوروزی، م.، پورخباز، ع.، رضایی، م. ر.، فرهنگ فر، ه. ۱۳۹۰. «مطالعهٔ آلودگی فلزات سنگین در آب و رسوبات زیست‌کرهٔ حرا»، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند.

هوشیاری، ا.، پورخباز، ع. ۱۳۹۰. «بررسی تجمع فلزات سنگین سرب، روی و کادمیوم در برخی اندام‌های کاکایی سیبری (*Larus heuglini*) در ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ حرا»، مجلهٔ علوم محیطی، سال نهم، شمارهٔ ۲، صص ۸۹-۱۰۰.

Ancora, S., Bianchi, N., and Leonzio, A. 2008. Heavy metals in flamingos (*Phoenicopterus ruber*) from Italian wetlands: The problem of ingestion of lead shot. Environmental Research. 107: pp. 229–236.

Barbieri, E., Garcia, C. A. B., Passos, E. D. A., Aragao, K .A. S., and Hora Alves, J. D. P. 2007. Heavy metal Concentration in tissues of *Puffinus gravis* sampled on the Brazilian Coast. Revista Brasileira de Ornitologia. 15: pp. 69-72.

Battaglia, A., Ghidini, S., Campanini, G., Spaggiari, R. 2005. Heavy metal contamination in little owl (Athene noctua) and common buzzard (*Buteo buteo*) from northern Italy. Ecotoxicology and Environmental Safety. 60: pp. 61–66.

Burger, J. 1993. Metals in avian feathers: bioindicators of environmental pollution. Reviews in Environmental Toxicology. 5: pp. 203–311.

Burger, J., Gochfeld, M. 2000. Metals Level in Feather of 12 Species from Midway Atoll in the Northern PACIFIC OCEAN. The Science of Total Environmental. 257: pp. 37-52.

Clark, AJ., Scheuhammer, AM. 2003. Lead poisoning in up-land-foraging birds of prey in Canada. Ecotoxicology. 12: pp. 23-30.

Elliott, J.E., Scheuhammer, A.M. 1997. Heavy metal and metallothionein concentrations in seabirds from the pacific coast of Canada. Marin Pollution Bulletin. 34: pp. 794–801.

Ferns, P.N., Anderson, J.I. 1994 .Cadmium in the diet and body tissues of dunlins Calidris alpina, from the Bristol channel, UK .Environmental Pollution .86: pp. 225-231.

Ferreira, A.P. 2011. Assessment of heavy metals in Egretta thula. Case study: Coroa Grande mangrove, Sepetiba Bay Rio de Janeiro, Brazil. Brazilian Journal of Biology. 1: pp. 77-82.

Furness, R.W. 1993. Birds as monitors of pollutants, Birds as monitors of environmental Change. Environmental Pollution. 33: pp. 86-143.

Harikumar, P.S., V.P, Nasir., M.P, Mujeeburahman. 2009. Distribution of heavy metal in the core sediments of a tropical wetland system. Environmental Science technology. 6: pp. 225-232.

Hosseinkhezri, P., Tashkhourian, J. 2011. Determination of heavy metals in *Acanthopagrus latus* (Yellowfin seabream) from the Bushehr seaport (coastal of Persian Gulf), Iran. International Food Research Journal. 18: pp. 791-794.

Hutton, M. 1981. Accumulation of heavy metals and selenium in three seabird species from the United Kingdom.

www.SID.ir

Archive of SID

Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological. 26: pp. 129-145.

Janssens, D.L., Dauwe, T., Pinxten, R., Bervoets, L. 2003 .Effects of heavy metal exposure on the condition and health of nestling of the great tit (Parus major), a small songbird's species .Environmental Pollution .126: pp. 267–274.

Kim, J., Lee, H.S., Koo, T. 2009. Heavy metal concentrations in three shorebird species from Okgu Mudflat, Gunsan, Korea. Ecotoxicology. 18: pp. 61–68.

Kim, J., Koo, T.H. 2008. Heavy metal concentrations in feathers of Korean shorebirds. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 55: pp. 122-128.

Koster, M.D., Ryckman, D.P. 1996. Mercury levels in Great Lakes Herring gull (Larus argentatus) Eggs. Environmental Pollution. 93: pp. 261-270.

Lafabrie, C., Pergent, G., Kantin, R. 2013. Trace metals assessment in water, sediment, mussel, sediment and scagrass species validation of the use of PosidoniaOceanica as a biomonitor. Chemosphere. 68: pp. 2033-2039.

Lewis, S.A., Furness, R.W. 1991. Mercury Accumulation and Excrection in Laboratory Reared Black-Headed Gull Larus ridibundus Chicks. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 21: pp. 316-320.

Lucia, M., Andre, J.M. 2010. Trace element concentration (Mercury, Cadmium, Copper, Zinc, Lead, Aluminium, Nickel, Arsenic and Selenium) in some aquatic birds of the Southwest Atlantic coast of France. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 58: pp. 844-853.

Mirsanjari, M.M., Sheybanifar, F., Arjmand, F. 2014. Subtropical forest Hara Biosphere Reserve in coast of Persian Gulf and the importance of heavy metal accumulation; Case study: feathers of Great cormorant. Bioscience Journal 6: pp. 159-164.

Mochizuki, M., Makoto, M., Ryo, H. 2008 .A new index for evaluation of cadmium pollution in birds and mammals. Environmental Monitoring Assessment .137: pp. 35-49.

Neinavaz, E., Karami, M., Danehkar, A. 2010. Investigation of Great Egret(*Casmerodius albus*) breeding success in Hara Biosphere Reserve of Iran. Environmental Monitoring and Assessment. 10: pp. 1734-1737.

Savinov, V.M.,Gabrielsen, G.W.,Savinova, T.N. 2003. Cadmium, Zinc, Copper,Arsenic,Selenium and Mercury in seabirds from the Barents Sea: levels,inter-specific and geographical differences. The Science of Total Environment. 306: pp. 58–133.

Scheuhammer, A.M. 1987. The chronic toxicity aluminium, cadmium, mercury and lead in birds: a review. Environmental Pollution. 46: pp. 263–295.

Spahn, SA., Sherry, TW. 1999. Cadmium and lead exposure associated with reduced growth rates, poorer fledging success of little blue heron chicks (*Egretta caerulea*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 37: pp. 377-384.

Struger, J., Elliott, J.E., Weseloh, D.V. 1983. Metals and Essential Elements in Herring Gulls from the Great Lakes. Journal of Great Lakes Research. 13: pp. 43-55.

Thompson, D.R. 1990. Metal levels in marine vertebrates. In: Furness, R.W., Rainbow, P.S. (Eds.), Heavy Metals in the Marine Environment. USA: CRC Press, Boca Raton.

Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G. 2004. Heavy metal (Cd, Cu, Pb, Zn) concentration in the green-lipped mussel Linnaeus (*Perna viridis*) collected from some wild and aquacultural sites in the west coast of Peninsular Malaysia. Food Chemistry Journal. 84: pp. 569-575.

Zamani, A., Esmaili-sari, A., Savabiesfahani, M. 2010. Mercury pollution in tree species of waders from Shadegan Wetland at the Head of Persian Gulf. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 84: pp. 326-330.

www.SID.ir